

Fiche – CO₂ et véhicules électriques en Suisse

Prof. Dr. Hubert Kirmann, 2021-03-08

À quoi ressemblerait le bilan CO₂ de la mobilité individuelle si les voitures électriques formaient un quart des voitures neuves à partir de 2021, la moitié à partir de 2025 et l'ensemble du parc à partir de 2030 ? Si le nombre de voitures et les ventes restaient les mêmes, toutes les pompes à essence disparaîtraient d'ici à 2043 (un scénario que l'industrie automobile soutiendrait, même si certaines entreprises disparaîtraient, mais que Swissoil ne partagerait pas).

Les émissions de CO₂ des automobiles baisseraient d'aujourd'hui **15 millions de tonnes de CO₂ par an** de moitié d'ici à 2038 et des **4/5** d'ici à 2042, sans pour autant disparaître.

Même sans brûler d'essence, le trafic en 2050 continuera à émettre **3 millions de tonnes de CO₂ par an** en raison des importations d'électricité et de marchandises, voir Figure 1.

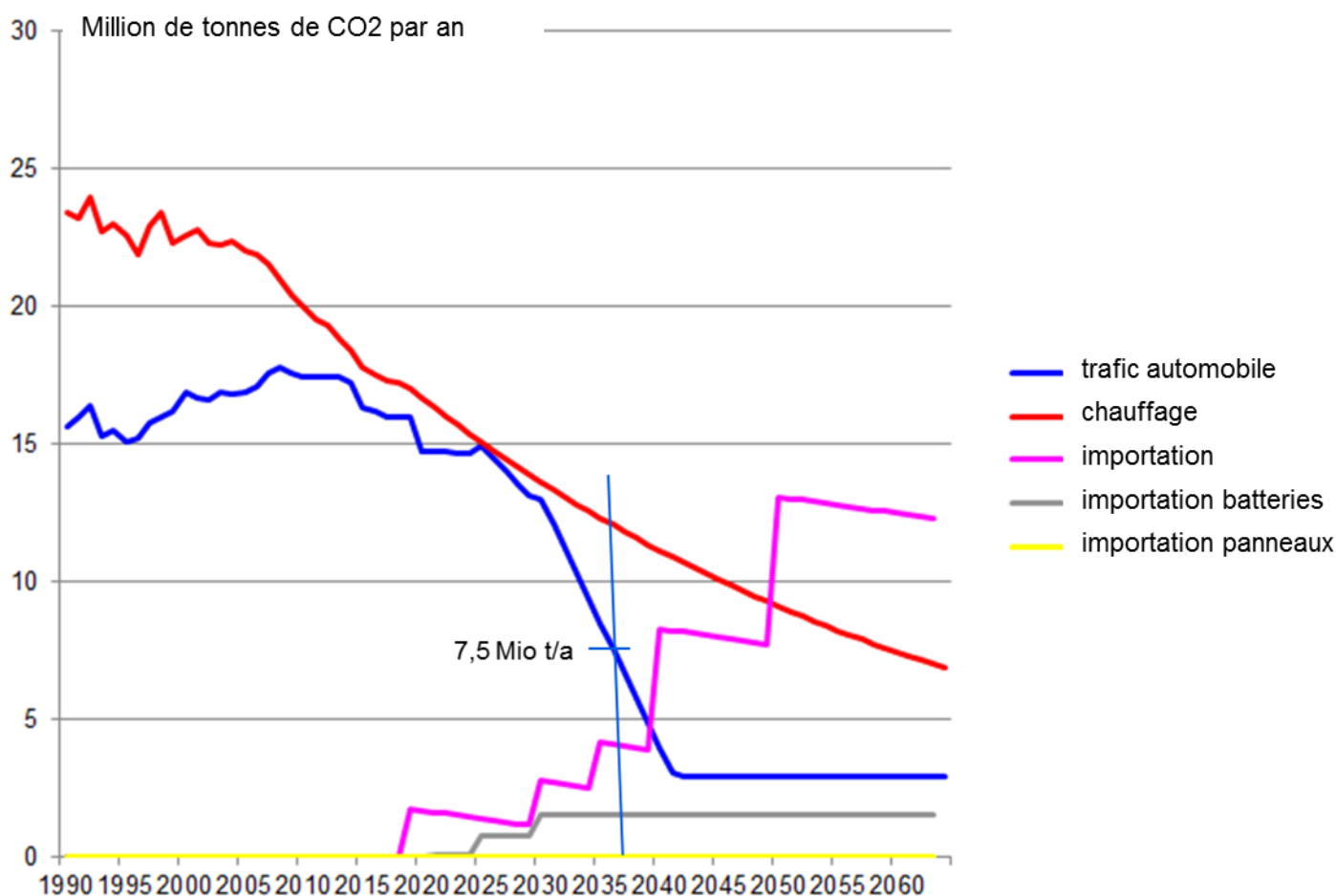


Figure 1 - Émissions de CO₂ des automobiles en millions de tonnes de CO₂ / an (bleu)

(Source pour la période 1990-2019: OFEN)

La Figure 1 montre à titre de comparaison:

- En rouge, les émissions de CO₂ du chauffage du bâtiment qui se réduit par une meilleure isolation, un stockage saisonnier et des pompes à chaleur (il ne descend pas plus vite à cause du rythme de renouvellement des bâtiments et du courant importé pour les pompes) et
- En magenta, les émissions de CO₂ du courant de remplacement des centrales nucléaires fermées (le plan incliné des émissions de CO₂ vient du fait que les importations sont progressivement, mais pas entièrement, remplacées par l'ajout de PV émettant moins de CO₂)

Le trafic lourd n'est pas inclus ici, mais on peut supposer que d'ici 2040, les batteries feront suffisamment de progrès pour que tous les camions soient électriques.

Une stratégie de l'hydrogène, telle que propagée par l'industrie pétrolière, conduit à un triplement de la surface photovoltaïque nécessaire, remplaçant ainsi les émissions de CO₂ des batteries par l'augmentation des émissions de CO₂ des installations PV. La surface des toits suisses serait insuffisante pour un parc automobile à l'hydrogène. Cette stratégie est ignorée ici.

Bases de calcul et hypothèses

1. La consommation électrique suisse (hors mobilité électrique) stagne à **60 TWh / an** malgré des gains d'efficacité ou un ralentissement économiques, car ceux-ci sont compensés par la consommation des pompes à chaleur et par la digitalisation. Puisque la Suisse importe déjà de l'électricité en hiver, toute consommation supplémentaire pour la mobilité électrique doit être soit importée, soit produite par l'ajout de photovoltaïque, l'éolien ne fournit pas beaucoup et l'hydraulique est à bout.
2. En Suisse, **4,6 millions de voitures** parcourent en moyenne **11'000 km**. Chaque année, **320'000** voitures neuves sont mises sur le marché (et presque autant sont mises au rebut) [1]. Ces chiffres resteront constants (ils augmentent aujourd'hui de 3,5% par an). Ces voitures émettent aujourd'hui **15,3 millions de tonnes de CO₂ par an** [2].
3. Les déplacements ne se réduisent pas. Chaque voiture électrique consomme en moyenne **2 MWh/an** d'électricité (11'000 km / an à 15 kWh / 100 km + 20% de pertes de charge et de décharge)
Cela correspond à une pendulaire qui conduit sa Zoé 1/2 heure par jour.
4. Si une voiture électrique roule avec du courant importé (Euromix 630 kg CO₂ / MWh), elle émet **1,2 t de CO₂ / an**, alors qu'une voiture à essence aux normes européennes n'émet que **1,1 t CO₂ / an** (95 g CO₂ / km), donc on ne gagne rien.
Les voitures suisses émettent aujourd'hui trois fois plus qu'elles ne le devraient, mais c'est un autre chantier.
L'Euromix risque de s'aggraver quand les centrales nucléaires seront mises hors service.
5. Pour produire ses 2 MWh / an de manière écologique, chaque voiture électrique a besoin **en théorie** de **2 kW** de modules solaires, soit **10 m²**, en assumant qu'il n'y ait pas de pertes et que le courant solaire excédentaire soit entièrement stocké pour charger la voiture quand le soleil ne brille pas. Cela demanderait une batterie-tampon qui coûterait plus que la voiture, donc, c'est le courant soutiré au secteur qui fournit le supplément.
6. La Figure 2 montre la charge annuelle d'une batterie de 50 kWh par 2 kW de panneaux, et ceci avec une voiture qui se charge chaque fois que le soleil brille. En été, la batterie ne se décharge jamais et le courant solaire excédentaire est injecté dans le réseau. En hiver, le courant solaire ne suffit pas et la batterie ne peut se charger qu'en soutirant du courant au réseau. Comme l'hydroélectricité et le nucléaire ont déjà été alloués, cette charge hivernale provient du courant importé (s'il est livrable) ou provient de turbines à gaz (à 400 kg CO₂ / MWh), ce qui grève le bilan de **0,3 t CO₂ / an et voiture** (1,2 t CO₂ / an ÷ 4).

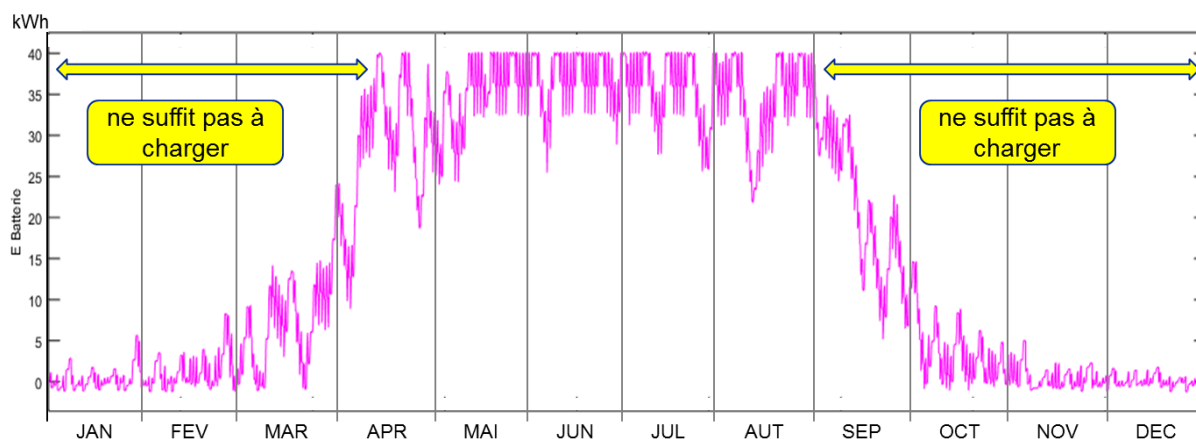


Figure 2 - Courbe de charge d'une voiture de 50 kWh avec 2 kW sur l'année

Ici, la batterie n'est chargée qu'à 80% afin de prolonger sa durée de vie et de permettre le freinage par récupération. La batterie ne se décharge qu'environ 10 kWh par jour, le reste est réservé pour une journée où elle ne peut pas être rechargée ou pour une excursion plus longue.

7. Ceci est le cas le plus favorable, car les automobilistes veulent une batterie pleine le matin et cela n'est possible qu'en soutirant du courant de nuit ou avec une batterie-tampon, ce qui aggraverait le bilan CO₂. Un système de charge intelligent qui spéculer sur l'ensoleillement du lendemain a besoin d'une batterie surdimensionnée.
8. Avec une surface des panneaux doublée (20m² / auto), le courant du réseau est **divisé par deux**, avec une surface triplée (30m²/auto), le courant du réseau **tombe à 1/3** mais il ne sera jamais nul. Les émissions de CO₂ importé diminuent en conséquence, mais les coûts augmentent.
9. Il faut maintenant ajouter le CO₂ «gris» qui provient de la production d'une voiture électrique et de son système photovoltaïque.
2 t CO₂ pour les modules photovoltaïques de 2 kW et les composants électroniques / assemblages associés [7] et
5 t CO₂ pour la batterie par voiture (60 kWh de batterie = 400 km d'autonomie) [8].

Les émissions de CO₂ du PV et des batteries vont diminuer mais ceci sera compensé par des batteries plus grandes pour une plus grande autonomie.

10. Avec 300'000 nouvelles voitures demandant chacune 20 m², il faut un ajout de photovoltaïque d'au moins 0,6 GW / an, ceci en sus du photovoltaïque nécessaire au remplacement des centrales nucléaires. Comme une auto vit **12 ans** et qu'une installation PV vit **25 ans**, ces coûts fixes de CO₂ se perpétueront même quand toutes les autos seront électriques et quand toutes leurs installations PV seront construites. **3 million de t CO₂ / an** seront rejetés indéfiniment, donc plus que le rejet de CO₂ par les importations de courant.
11. Les automobiles électriques demanderont après 2050 **9 TWh/an** de courant, ce qui correspond à la production de la centrale atomique de Leibstadt. Pour ceci, il faudra 50 km² de panneaux photovoltaïques, et ceci sans compter le trafic poids-lourds, qui ajoutera quelques **6 TWh/an**,

Referenzen:

[1] BAFU – <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/verkehrsinfrastruktur-fahrzeuge/fahrzeuge.html>

[2] BAFU - <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/zustand/daten/CO2-statistik.html>

Die 15,9 Mio t CO₂ der Treibstoffen schliesst Diesel und Benzin ein, Kerosen jedoch nicht.

Der Anteil des Schwerverkehrs (4%) wird hier ignoriert.

[3] ADAC <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/elektromobilitaet/stromverbrauch-elektroautos-adac-test/>

[4] CO₂-Monitor <https://www.CO2-monitor.ch/de/information/glossar/>

[5] VDA <https://www.vda.de/de/themen/umwelt-und-klima/CO2-regulierung-bei-pkw-und-leichten-nfz/CO2-regulierung-bei-pkw-und-leichten-nutzfahrzeugen.html>

[6] PV-Magazine, high efficiency crystalline modules <https://www.pv-magazine.com/module-price-index/>

[7] Fraunhofer ISE Aktuelle Zahlen zur Photovoltaik

<https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.html>

[8] IVL Swedish Environmental Research Institute

<https://www.ivl.se/download/18.14d7b12e16e3c5c36271070/1574923989017/C444.pdf>
